

電界誘起光第二次高調波発生法による2層積層 (IZO/PMMA/ α -NPD/Au) 有機ダイオード素子の電界分布と電気伝導機構の解析

Analyzing electrical conduction mechanism in organic double-layer diode by using electric-field-induced optical second-harmonic generation measurement

東工大・理工、○西 翔平・田口 大・間中 孝彰・岩本 光正

Tokyo Tech, Dept. of Phys. Elec., °Shohei Nishi, Dai Taguchi, Takaaki Manaka, Mitsumasa Iwamoto

E-mail: iwamoto@pe.titech.ac.jp

はじめに：有機デバイスの研究が活発化し、高いキャリア移動度をもつ新規材料などの開発が進められている。一方で、これらの材料の組み合わせでつくられる有機デバイスでは、有機膜－有機膜界面に蓄積するキャリアなどにより電界分布が定まり、その電導機構が決定される。そのため、デバイス動作時の有機材料内の電界分布を知ることが必要である。そこで、本研究では、デバイス中の有機材料内の電界を直接測定し、その電導機構の評価を試みた。具体的には、筆者らが独自に開発した EFISHG 法により、2 層積層ダイオード素子中の電界分布を直接測定し、各層の電流-電界特性を求め、ダイオード素子の電気伝導機構を明確にした。

実験： Fig. 1 に測定に用いた 2 層積層ダイオード素子 (Au/ α -NPD/PMMA/IZO) の構造と I - V 、EFISHG 同時測定系を示す。 I - V 特性は、Al 電極を基準として IZO 電極に DC 電圧を加えて測定した。このときの素子内部の電界を測定するため、EFISHG 法により α -NPD 層の電界 E_1 を測定した。プローブ光であるレーザー光波長は 820 nm とし、 α -NPD 層の電界を選択的に測定する。PMMA 層の電界 E_2 は、 α -NPD の分圧を $V_1 = E_1 d_1$ 、PMMA 層の分圧を $V_2 = E_2 d_2$ として外部電圧 V との関係 $V = V_1 + V_2$ により求めた (d_1, d_2 : α -NPD, PMMA 層の膜厚)。そして、 I - V 特性と各層の電界 E_1, E_2 から、各層の電流-電界 (I - E) 特性を求めて電気伝導機構を考察した。

結果及び考察： Fig. 2 に I - V 特性および EFISHG 測定結果を示す。DC 電圧印加により測定した SHG 強度が、 I - V 特性による定常電流が流れている状態の α -NPD 層の電界に比例する。EFISHG 測定結果は、 α -NPD/PMMA 界面にキャリア蓄積がない状態での SHG 強度 (Laplace 場) よりも $V > 0$ の領域で小さく (Poisson 場)、正孔の蓄積により電界はほとんど PMMA 層に加わることがわかる。一方で $V < 0$ の領域では定常状態でもほとんどキャリアが蓄積せず、Laplace 場と Poisson 場の EFISHG 強度は同じである。 I - V 特性と EFISHG 測定結果から、 α -NPD 層と PMMA 層の I - E 特性を求めたものを Fig. 3 に示す。実線は α -NPD 層および PMMA 層の I - E 特性をショットキー電流として解析した結果であり、よく一致している。このことから、2 層積層ダイオード素子の I - V 特性は、 $V > 0$ の領域では α -NPD/PMMA 界面に十分蓄積した正孔が PMMA に注入する過程により律速されたショットキー電流、 $V < 0$ の領域では Au 電極から α -NPD への電子注入が律速過程であるショットキー電流により I - V 特性が決定されていることが明らかになった。

結論： 2 層積層有機デバイス素子の I - V 、EFISHG の同時測定により、2 層積層有機ダイオード (Au/ α -NPD/PMMA/IZO) 素子の I - V 特性を、各層の電気伝導機構に基づき明確に議論できる。

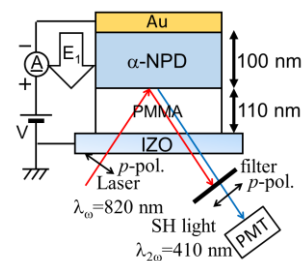


Fig.1 Experimental Setup

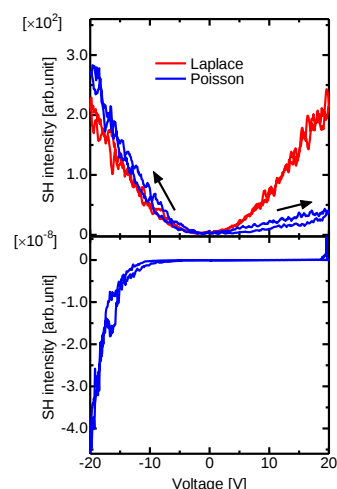


Fig.2 Experimental Results

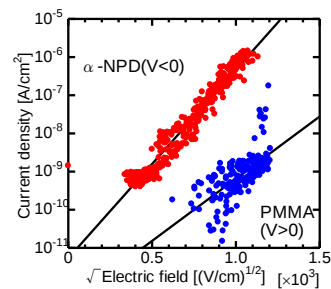


Fig.3 I - E characteristics
($\ln I - \sqrt{E}$ plot)